

# Interacciones Básicas en el Modelo Unificado de Visualización

**Sergio Martig - Silvia Castro**

Laboratorio de Investigación en Visualización y Computación Gráfica  
*Dpto. de Cs. e Ing. de la Computación - Universidad Nacional del Sur*  
Bahía Blanca – Argentina  
e-mail: {srm, smc}@cs.uns.edu.ar

## Abstract

With the advance of the technology and the growth of the visualization area new visualization techniques equipped with the corresponding interactions are constantly emerging. It is very relevant, at the time of interacting with a visualization, to know the available interactions at each point of the process. The user needs to know not only what he can do, but also how to do it and which will be the consequences of his actions not only for the visual representation but also for the underlying datasets. In many cases this type of information, so necessary to be able to explore the information space in an effective way, is not evident for the user.

In spite of the change of representation, the user must have the security to be controlling the process. This is obtained partly with the election of a suitable metaphor (visual representation + interactions available) fitted in a conceptual frame of the process that allows him to know at every moment in what point of he process is and towards where he can go. In this work we presented the set of basic interactions that might be available in all visualization process and the way they fit in the Unified Visualization Model.

**Keywords:** Interaction - Visualization – Human Computer Interaction - Reference Model

## Resumen

Con el avance de la tecnología disponible y el crecimiento del área de Visualización, constantemente aparecen nuevas técnicas de visualización dotadas con las interacciones correspondientes. Resulta de suma importancia, al momento de interactuar con una visualización, tener en claro en cada punto del proceso cuáles son las interacciones disponibles. El usuario necesita saber no sólo qué es lo que puede hacer, sino cómo hacerlo y cuáles serán las consecuencias de sus acciones para la representación visual y a nivel de los datos subyacentes. En muchos casos, este tipo de información tan necesario para poder explorar el espacio de información de manera efectiva, no resulta evidente para el usuario.

A pesar del cambio de representación, el usuario debe tener la seguridad de estar controlando el proceso. Esto se logra en parte con la elección de una metáfora adecuada (representación visual + interacciones disponibles) encuadrada en un marco conceptual del proceso que le permita saber en cada momento en qué punto del mismo se encuentra y hacia dónde puede dirigirse. En este trabajo presentamos el conjunto de interacciones básicas necesarias en todo proceso de visualización y su encuadre en el Modelo Unificado de Visualización.

**Palabras Claves:** Interacción -Visualización –Interacción Humano Computadora -Modelo de Referencia

## 1. Introducción

La Visualización, entendiendo como tal el uso de procesamiento visual de información asistido por computadora para ganar comprensión de los datos, ha sido un tópico activo de investigación y desarrollo en los últimos años. Los avances propios del área potenciados a su vez por los avances tecnológicos, no sólo a nivel de hardware gráfico sino también de comunicaciones, han determinado un crecimiento explosivo en este campo de investigación.

Resulta de suma importancia, al momento de interactuar con una visualización, tener en claro en cada punto del proceso cuáles son las interacciones disponibles. El usuario necesita saber no sólo qué es lo que puede hacer, sino cómo hacerlo y cuáles serán las consecuencias de sus acciones para la representación visual y a nivel de los datos subyacentes. En muchos casos este tipo de información, tan necesario para poder explorar el espacio de información de manera efectiva, no resulta evidente para el usuario. Esta situación se acentúa en la Visualización de Información donde la posible ausencia del sustrato espacial en los datos a visualizar determina que los mapeos de los datos en representaciones visuales introduzcan una sobrecarga cognitiva que es crítica y de la cual dependerá fuertemente el éxito de la técnica.

A pesar del cambio de representación, el usuario debe tener la seguridad de estar controlando el proceso. Esto se logra en parte con la elección de una metáfora adecuada (representación visual + interacciones disponibles) encuadradas en un *framework* del proceso que le permita saber en cada momento en qué punto del mismo se encuentra y hacia dónde puede dirigirse.

Una de las mayores diferencias entre los desarrollos de visualización actuales y los anteriores es el desarrollo de la interactividad. Un diálogo efectivo entre el humano y la computadora enriquece la comunicación de información. En consecuencia, resulta de sumo interés contar con un marco de referencia no sólo del proceso de visualización, sino también de los operadores y de las interacciones posibles.

La investigación en Visualización se ha centrado principalmente en una diversidad de técnicas que faciliten la obtención del *insight* de diferentes tipos de datos. Muy poco se ha investigado sobre el proceso de Visualización en sí, sobre la información contenida en el propio proceso, los resultados, las relaciones entre los resultados y las secuencias de transformaciones que permitieron su obtención. Ese proceso netamente interactivo de exploración y análisis de los datos a partir de sus representaciones visuales es una valiosa fuente de información en sí misma.

Siendo clara la necesidad de contar con un *framework* del proceso general de visualización, tanto para usuarios como para diseñadores, en las secciones siguientes se presenta el Modelo Unificado de Visualización (MUV), que contempla los aspectos considerados esenciales para los usuarios, así como también para los diseñadores. Luego se presentarán las interacciones que los usuarios pueden plantear sobre los estados o las transformaciones a lo largo del mismo, estableciendo el conjunto de operadores básicos o de bajo nivel que aparecen en todo proceso de visualización.

## 2. La Visualización y el Modelo Unificado de Visualización

Debido a la necesidad de contar con un modelo del proceso de visualización que permitiera describir las transformaciones y modelar los estados intermedios de los datos, para poder enfocarnos sobre los operadores o sobre los operandos favoreciendo así el entendimiento de las interacciones posibles es que se desarrolló el Modelo Unificado de Visualización ([6]).

El MUV es un modelo de estados representado un flujo entre los distintos estados que van asumiendo los datos a lo largo del proceso.

Un modelo tal constituye un marco conceptual en el que se pueden definir las interacciones necesarias, pudiéndose determinar sobre quién se opera, qué resultados se obtienen y cómo impacta sobre el proceso general. Un modelo con las características descritas favorece que el usuario pueda abstraerse de las técnicas particulares, logrando ubicarse en el proceso general, habilitándolo a determinar sobre qué etapa necesita actuar para lograr los resultados deseados. Lo anterior conlleva la ventaja adicional de conocer precisamente cuáles son las operaciones disponibles y sus alcances en cada punto del proceso.

El hecho de que cada nodo represente un estado de los datos determina que sea claro cuáles son las operaciones disponibles sobre ese nodo, así como el tipo de los resultados de su aplicación. Lo mismo sucede con las aristas que representan las transformaciones entre estados; al quedar explícitamente representadas habilita al usuario a poder interactuar a nivel de las transformaciones siendo consciente de las consecuencias de tales interacciones. En resumen el modelo permite modelar el proceso, operar sobre los nodos y operar sobre las aristas.

Para poder presentar al modelo que describa el proceso de visualización, primero debemos entender las características de este proceso. Si entendemos por visualización al proceso interactivo que permite la generación de representaciones visuales a partir de un conjunto de datos, desencadenando de esta manera un proceso cognitivo, lo podemos pensar como una transformación de los Datos Crudos en una Vista. Ésta es una transformación en la que el usuario interviene activamente pues es él quien tiene que poder conducir la exploración del espacio de datos, y las vistas obtenidas actúan como disparadores de nuevas exploraciones.

El modelo consiste en cinco estados y cuatro transformaciones que permiten pasar de un estado al próximo como se muestra en la Figura 1. En este gráfico puede apreciarse que la interacción del usuario está presente a nivel de todas las etapas y transformaciones. La interacción del usuario es la que controla los parámetros de las transformaciones, es el usuario el que puede manipular los datos en los distintos estados, es el usuario el que debe poder controlar el proceso para alcanzar sus propias metas.

En las siguientes secciones se describirán los sucesivos estados que van asumiendo los datos y las transformaciones que los llevan a los mismos. Luego se analizará la interacción del usuario a lo largo del proceso, identificando las interacciones disponibles en cada etapa y sus repercusiones en las restantes. Es el usuario el que tiene el control y el que en su exploración del espacio de información hace que se pase de un estado a otro; la importancia del modelo radica en proveer un marco para que el usuario pueda predecir y evaluar el comportamiento de la herramienta, para lo que debe tener claro dónde está y qué posibilidades tiene.

A continuación se describen los estados que los datos pueden asumir en un proceso de visualización y las transformaciones que los producen:

### 1) Estados:

- **Datos Crudos (DC):** Son los datos crudos que constituyen la entrada al proceso de visualización. Proviene de los distintos dominios de aplicación.

- **Datos Abstractos (DA):** Son los datos potencialmente visualizables por el usuario. Dentro de este estado podemos tener un subconjunto de los Datos Crudos al que se le puede haber agregado datos derivados de los existentes o también pueden ser Datos Crudos que se pueden haber mejorado de alguna manera. En síntesis, los Datos Abstractos constituyen el universo visualizable. Cualquier interacción del usuario que exceda a los datos almacenados en este estado demandará una nueva captura de Datos Crudos. Además de los datos propiamente dichos, también se dispone de los *metadatos* generados en la transformación anterior.

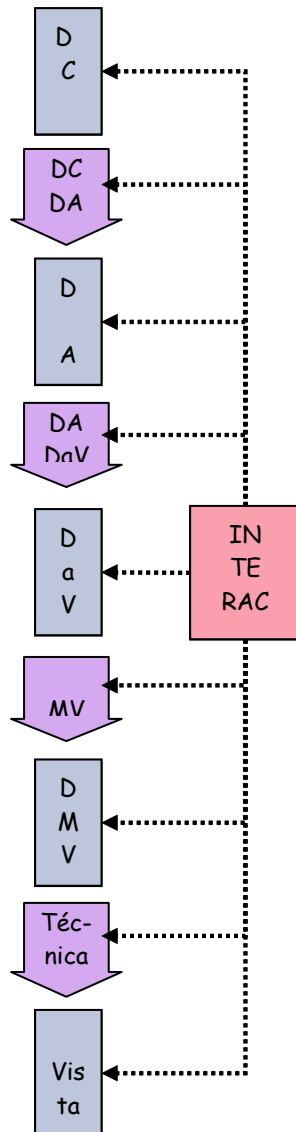


Fig. 1: El MUV

- **Datos a Visualizar (DaV):** Son todos los datos que van a estar presentes en la visualización. Puede ser un subconjunto de los datos del estado anterior. Es importante notar que para un mismo conjunto de Datos Abstractos se pueden generar varios Datos a Visualizar.

- **Datos Mapeados Visualmente (DMV):** Son los datos a visualizar enriquecidos con información necesaria para su representación en pantalla. En este punto resulta evidente que para un determinado conjunto de Datos a Visualizar pueden coexistir varios conjuntos de Datos Mapeados Visualmente. Esta característica es relevante en el marco de un proceso de exploración del espacio de datos, donde el usuario puede o necesita comparar y analizar distintas maneras de visualizar un mismo conjunto de datos.

- **Datos Visualizados (Vista):** Son los productos finales del proceso. En realidad, constituyen el punto de partida para el proceso de exploración que deberá realizar el usuario. Cada representación visual se corresponde con un conjunto de Datos Mapeados Visualmente.

## 2) Transformaciones:

- **Transformación de Datos Crudos a Datos Abstractos (DC – DA):** Esta transformación permite al usuario seleccionar cuáles son los datos que quiere visualizar y llevarlos a un formato manejable por el sistema. Durante esta transformación se generan los metadatos.

- **Transformación de Datos Abstractos a Datos a Visualizar (DA–DaV):** De todos los datos y relaciones seleccionados por el usuario para la generación de los Datos Abstractos es frecuente

que éste sólo quiera visualizar un subconjunto. Esta transformación permite realizar ese trabajo de selección, proyección y filtrado. El objetivo último de esta transformación es permitir que el usuario defina qué es lo quiere visualizar en una determinada instancia, sin preocuparse todavía del cómo.

- **Transformación de Mapeo Visual (MV):** Esta transformación permite que el usuario especifique cómo quiere visualizar los datos presentes en el conjunto de Datos a Visualizar. Se

generan las estructuras necesarias para soportar el sustrato espacial, los elementos visuales que se utilizarán en la representación y los atributos de los mismos; además, las estructuras generadas deberán soportar eficientemente las interacciones provistas a nivel de las vistas. El objetivo último de esta transformación es lograr un mapeo expresivo y efectivo. Como puede intuirse, esta transformación no es trivial y gran parte de su éxito depende del conocimiento que se le imprima de las características perceptuales del humano.

- **Transformación de Visualización (Técnica):** Esta transformación permite la presentación en pantalla de todos los datos contenidos en el conjunto de Datos Mapeados Visualmente. Usualmente resultará en la aplicación de una técnica de visualización que soporte el mapeo visual presentado.

### 3. Las Interacciones en el MUV

El proceso de visualización es un proceso que trasciende la mera representación gráfica de los datos. Sus características determinan que el usuario necesite y deba poder interactuar con los datos, sus representaciones intermedias, controlar las transformaciones, manipular las visualizaciones, para poder explorar el espacio de información; como resultado de esa exploración obtendrá, entre otras posibilidades, la confirmación de hipótesis sobre los mismos, el descubrimiento de patrones o determinadas características presentes en los datos analizados.

Una herramienta de visualización debe ser una herramienta lo suficientemente general y flexible como para soportar las necesidades individuales, ofreciendo un esquema de interacción consistente que sea válido independientemente del dominio de aplicación. Esta característica habilita a los usuarios a transferir el conocimiento del uso de la herramienta entre los distintos dominios basándose en un modelo conceptual consistente.

La propia naturaleza del proceso de visualización en el que interactivamente el usuario puede manipular el conjunto de datos y generar una o varias representaciones visuales del mismo, para luego volver a interactuar directa o indirectamente sobre los datos, disparándose de esta manera el proceso de exploración, potencia la aparición de problemas de consistencia. Los problemas de consistencia surgen típicamente luego de las operaciones de selección y filtrado sobre una vista particular, evidenciándose en la incertidumbre de su repercusión en las otras vistas. Este tipo de situaciones son síntomas de modelos mentales incompletos o erróneos, que aumentan la brecha de evaluación de los sistemas. Recordemos que la brecha de evaluación se refiere a la interpretación directa del estado del sistema en términos de las expectativas e intenciones del usuario. En ocasiones, la semántica de las operaciones es imprecisa, o peor aún, imposible de determinar. Los usuarios frecuentemente no tienen cómo predecir el resultado de sus acciones o no encuentran entre las opciones disponibles la operación que desean o necesitan.

El modelo debe asistir a los usuarios en la evaluación y ejecución de las acciones necesarias para realizar una tarea determinada. Además, en ciertas situaciones de resolución de problemas, los usuarios prefieren enfocarse sobre las operaciones o sobre los operandos alternativamente en distintos puntos del proceso.

Por otra parte, la mayoría de los modelos presentados se enfocan en la obtención de una representación visual a partir de un conjunto de datos, soportando en distinto grado las interacciones de los usuarios. Sin embargo, se ha hecho muy poco sobre el proceso de

visualización en si mismo. Nuestra propuesta consiste en un modelo que brinde soporte a las interacciones que permiten obtener cada vista, así como cada uno de los estados intermedios de los datos. El modelo también debe brindar un marco para la manipulación de distintos conjuntos de datos y sus representaciones visuales, situación que resulta de suma utilidad al momento de analizar o contrastar distintas regiones del espacio de información, o directamente distintos conjuntos de datos. Además, debe proveer el marco conceptual para las sucesiones de transformaciones que llevan a los estados intermedios, así como a las vistas.

Todo lo expresado nos lleva a la necesidad de contar con un marco general de operadores de visualización. Un marco que nos permita clasificar y organizar claramente las distintas operaciones, entendiendo por operaciones las posibles interacciones de usuario. En líneas generales esto redundará en:

- El hecho de contar con un marco de operadores que sea lo suficientemente simple, constituye un elemento de juicio que permitirá a los usuarios elegir el operador adecuado para la obtención del resultado deseado.
- El modelo asistirá al usuario en la predicción de los resultados de sus interacciones con el sistema. Es decir se logran zanjear los abismos de evaluación y ejecución nombrados en los párrafos previos.
- Se puede desarrollar un modelo general de interacción que permita clasificar y comprender las relaciones entre los distintos operadores y la composición de las interacciones. Pudiéndose organizar los operadores facilitando su clasificación. El valor inherente de lograr el entendimiento y la clasificación del espacio de interacción es lo que permite aislar patrones de comportamiento; en particular, promoviendo la extensión de estos patrones de interacción a nuevos dominios de aplicación.

A continuación se determinarán las características generales de los operadores aplicables en el modelo. Se presentarán las operaciones aplicables en cada estado de los datos y en las respectivas transformaciones, viendo cómo las mismas son soportadas en el modelo y cómo impactan en el mismo. Estas operaciones constituyen las que denominaremos *interacciones básicas o de bajo nivel*.

1) **Operaciones sobre los Datos Crudos:** Las operaciones sobre este estado de los datos desde el punto de vista del proceso de visualización son muy limitadas. Se supone que los distintos dominios de aplicación son los que proveen estos datos y serán los que disponen de las operaciones para su manipulación. El alcance de las operaciones en el MUV sobre este estado lo limitamos a nivel de seleccionar la fuente de datos y consultas sobre los mismos. Es importante distinguir los datos crudos propiamente dichos de un dominio de aplicación particular, de aquéllos que ya fueron manipulados anteriormente por el proceso de visualización. En este último caso los datos tomados ya están en el formato interno del modelo.

- a) **Seleccionar fuente de Datos:** Operación que debe permitir seleccionar la o las fuentes de datos.
- b) **Abrir conjunto de Datos Crudos:** Esta operación permite abrir un conjunto de Datos Crudos. Como ocurre con cualquier conjunto de datos su apertura determina la inclusión de un nodo del estado correspondiente en el modelo.

- c) **Cerrar Datos Crudos:** Operación que permite cerrar un conjunto de Datos Crudos. Las consecuencias de esta operación y consistentemente, la de cerrar cualquier conjunto de datos de un estado intermedio, implica su eliminación de la herramienta. Dado que en el modelo un conjunto de datos perteneciente a un estado intermedio es potencialmente la raíz de todo un subárbol, su eliminación determina la eliminación de todo el subárbol que lo tiene como raíz.
  - d) **Consultar Datos Crudos:** Esta operación se refiere a la consulta de los datos crudos en su formato de origen. Debe proveerse alguna manera de consultar las fuentes de datos seleccionadas al solo efecto de inspeccionar los datos para corroborar su utilidad o si son de interés para el usuario. Un apartado especial merece el tema de las relaciones. De manera general se debe permitir consultar los *ítems de datos* y las *relaciones* entre los mismos, si es que están explícitamente expresadas.
  - e) **Consultar Estructura de los Datos Crudos:** Para su posterior utilización más que inspeccionar los datos crudos puede resultar de interés tener una visión de su estructura. Al hablar de estructura, se hace referencia a la composición de las tuplas de datos y de las relaciones si es que están presentes.
- 2) **Operaciones en la Transformación DC-DA:** En cuanto a la manipulación de los datos, esta transformación tiene un rol central. Es la que permite introducir los datos en la herramienta. La función última de esta transformación es permitir la selección de los datos de interés del usuario y llevarlos a un formato interno manejable en el MUV. Para que el usuario pueda
- a) **Seleccionar fuente de datos:** Misma operación que la provista en el estado anterior. Debe permitir seleccionar la fuente de datos que se quiere transformar.
  - b) **Seleccionar destino de los datos:** Esta operación básicamente tiene la finalidad de determinar si el resultado de la transformación generará nuevas tablas, o si agregará su contenido a tablas ya existentes. En el primer caso se deberán nombrar las nuevas tablas y en el segundo simplemente seleccionar las tablas destinos. Es decir que semánticamente esta operación permite que el usuario determine la creación de un nuevo conjunto de datos o la adición del nuevo conjunto, resultante de la transformación, a uno existente.
  - c) **Consultar Datos Crudos:** Es claro que para poder determinar cuáles son los datos de su interés el usuario debe poder consultarlos de alguna manera. La misma operación está disponible en el estado de Datos Crudos.
  - d) **Consultar Estructura Datos Crudos:** Misma operación que la ofrecida en el estado anterior. En esta transformación el usuario debe poder consultar la estructura de los datos que está manipulando.
  - e) **Seleccionar Datos:** De los ítems de datos presentes en las fuentes de datos seleccionadas, el usuario debe poder seleccionar aquéllos que son de su interés.
  - f) **Proyectar Datos:** El usuario debe poder, no sólo seleccionar tuplas, sino que necesita poder especificar qué atributos de esas tuplas le interesan.
  - g) **Generar Tablas:** Esta operación es la que generará las estructuras de las Tablas presentes en el estado de Datos Abstractos. Para tal fin deberá *Capturar la Estructura de los Datos Crudos* y *Generar los Atributos* (columnas) correspondientes en las tablas. Durante la operación de generación de atributos se deberán nombrar los atributos y determinar el tipo

de los mismos en función de la información presente a nivel de los Datos Crudos. En otras palabras debe generar las Tablas de Datos y Relaciones con las estructuras especificadas en el estado de Datos Abstractos a partir de la información presente en las fuentes de datos crudos seleccionada. Esta operación también generará la Tabla de Metadatos correspondiente.

Es claro que en el caso de la adición, cuando el destino de los datos existe, puede no ser necesaria la generación de las Tablas. También se pueden presentar situaciones en las que al momento de adicionar el nuevo conjunto a uno ya existente, se necesite sólo la creación de una de las tablas (relaciones).

Como resultado de esta transformación se tendrá un conjunto de datos perteneciente al estado de Datos Abstractos. Pudiendo en consecuencia el usuario interactuar con los mismos utilizando las operaciones provistas para tal fin.

3) **Operaciones sobre los Datos Abstractos:** Recordemos que los Datos Abstractos están representados en el MUV por las Tablas de Datos, Relaciones y Metadatos. Constituyen el universo potencialmente visualizable representado en un formato interno. Una característica, compartida por el resto de los estados, es que los mismos constituyen conjuntos de datos reflejando algún grado de elaboración, por lo tanto se deben proveer operaciones para su guardado, renombrado, borrado, y las que permitan su edición. Desde el punto de vista conceptual es importante establecer la diferencia entre guardar un estado particular (el de un conjunto de datos) y el estado global del proceso. Por lo tanto, a nivel de los Datos Abstractos, se tienen las siguientes operaciones:

- a) **Seleccionar Datos Abstractos:** Permite seleccionar un conjunto de Datos Abstractos entre los que estén disponibles en el modelo. Al menos debe existir uno, el generado por la última transformación de DC a DA.
- b) **Abrir Datos Abstractos:** Permite abrir un conjunto de Datos Abstractos, introduciéndolo directamente en el modelo. Mediante esta operación el usuario puede incorporar un conjunto de DA generado previamente por la última transformación o cualquier otro disponible. El resultado de esta operación es la inclusión en el modelo de un nodo correspondiente a este estado.
- c) **Guardar Datos Abstractos:** Permite guardar el conjunto de Datos Abstractos activo, sobre el que se está trabajando, en algún medio de almacenamiento para su posterior recuperación.
- d) **Cerrar Datos Abstractos:** Operación que permite cerrar un conjunto de Datos Abstractos eliminando del modelo todo el subárbol que lo tiene como raíz.
- e) **Consultar Datos Abstractos:** Operación que permite consultar el contenido del conjunto de Datos Abstractos.
- f) **Modificar Contenido Datos Abstractos:** Esta es una operación que permite modificar el contenido de los DA. Como en cualquier modificación de un nodo perteneciente a un estado de datos, el usuario puede elegir si el resultado de la misma se almacenará en el mismo conjunto o generará uno nuevo. En caso de generar uno nuevo, se introduce un nuevo nodo de este estado dentro del modelo, heredando los ancestros del DA original. Esta operación es la que permite el mejorado de los datos más allá de la modificación de los mismos.



- g) **Consultar Estructura Datos Abstractos:** Operación que permite consultar la estructura de los datos abstractos. Recordemos que los DA están compuestos por Tablas de Datos, de Relaciones y de Metadatos; mediante esta operación el usuario puede ver cuáles son las tablas y consultar sus estructuras, es decir ver qué atributos componen las tuplas de datos.
  - h) **Modificar Estructura Datos Abstractos:** Esta operación permite que el usuario modifique la estructura de algunas de las tablas que componen los DA. Una modificación de estructura permite incorporar nuevos atributos, eliminar algún atributo de los presentes en las tuplas o modificar el tipo de los mismos. Cabe aclarar que una consecuencia directa de este tipo de operación es que provoca que se modifique el contenido de los DA. En el caso de agregar un atributo, se está agregando una componente a las tuplas almacenadas en esa tabla en particular. Posteriormente se deberá modificar su contenido. Como se expresara previamente la modificación puede generar un nuevo conjunto de DA con la estructura modificada, lo que originará la inclusión en el modelo de un nuevo nodo de este estado, heredando los ancestros del DA original.
  - i) **Operaciones de Conjuntos:** Dado que en el modelo pueden coexistir distintos conjuntos de DA, el usuario debería tener la posibilidad de operarlos. El usuario puede necesitar *generar* un nuevo conjunto como *Unión* de otros dos DA, puede necesitar ver cuál es la *Intersección* de dos DA, etc.; es decir que tiene que tener disponibles las operaciones necesarias para manipular conjuntos de este tipo. Un hecho importante es tener presente que tales conjuntos estarán representados por tablas, entonces las operaciones de conjuntos deben trabajar sobre éstas asegurando la consistencia de las tablas resultado.
- 4) **Operaciones en la Transformación de DA - DaV:** Esta transformación es la que le permite al usuario especificar qué datos quiere visualizar de todos los incorporados al modelo. Básicamente en esta transformación el usuario decide cuáles son los ítems de datos en los que está interesado y con qué atributos desea trabajar. Por la naturaleza de la transformación se deberán proveer operaciones para:
- a) **Seleccionar fuente de datos:** Misma operación que la provista en el estado anterior. Debe permitir seleccionar la fuente de datos, los DA que se quieren transformar.
  - b) **Seleccionar destino de los datos:** Esta operación básicamente tiene la finalidad de nombrar al nuevo conjunto destino de la transformación. Cada transformación genera un nuevo conjunto de DaV; en el caso que lo necesite, el usuario luego puede operarlos.
  - c) **Seleccionar Datos:** De los ítems de datos presentes en el conjunto DA seleccionado, el usuario debe poder seleccionar aquellos que son de su interés.
  - d) **Proyectar Datos:** El usuario debe poder no sólo seleccionar tuplas, sino que necesita poder especificar qué atributos de esas tuplas le interesan.
  - e) **Generar Tablas:** Esta operación es la que generará las estructuras de las Tablas presentes en el estado de Datos a Visualizar. Para tal fin, deberá *Capturar la Estructura* de los Datos Abstractos y *Generar los Atributos* (columnas) correspondientes en las tablas, reflejando las restricciones impuestas por las proyecciones especificadas. Los nombres y tipos de los atributos se mantienen conforme a la estructura de los Datos Abstractos. Esta operación también generará la Tabla de Metadatos correspondiente.

- 5) **Operaciones sobre los Datos a Visualizar:** Este estado de los datos representa el universo visualizable, en el mismo formato propio del modelo, que los Datos Abstractos. Dado que el sentido de este estado es reflejar los datos que el usuario específicamente quiere visualizar dentro de los presentes en los DA las operaciones que se proveen son prácticamente las mismas que las provistas para los DA. Básicamente las operaciones disponibles son las comunes a todos los estados y las de consulta:
- a) **Seleccionar Datos a Visualizar:** Permite seleccionar un conjunto de Datos a Visualizar entre los que estén disponibles en el modelo.
  - b) **Abrir Datos a Visualizar:** Permite abrir un conjunto de Datos a Visualizar, introduciéndolo directamente en el modelo. Mediante esta operación el usuario puede incorporar un conjunto de DaV generado previamente por la última transformación o cualquier otro disponible. El resultado de esta operación es la inclusión en el modelo de un nodo correspondiente a este estado.
  - c) **Guardar Datos a Visualizar:** Permite guardar el conjunto de Datos a Visualizar activo, sobre el que se está trabajando, en algún medio de almacenamiento para su posterior recuperación.
  - d) **Cerrar Datos a Visualizar:** Operación que permite cerrar un conjunto de Datos a Visualizar, eliminando del modelo todo el subárbol que lo tiene como raíz.
  - e) **Consultar Datos a Visualizar:** Operación que permite consultar el contenido del conjunto de Datos a Visualizar.
  - f) **Consultar Estructura Datos a Visualizar:** Operación que permite consultar la estructura de los Datos a Visualizar. Recordemos que los DaV están compuestos por Tablas de Datos, de Relaciones y de Metadatos; mediante esta operación el usuario puede consultar sus estructuras, es decir ver cuáles son las tablas y qué atributos las componen.
- 6) **Operaciones en la Transformación de Mapeo Visual:** Esta transformación es vital para el proceso de visualización ya que es la transformación en la que el usuario define los parámetros de la visualización. En realidad esta transformación es la que constituye el *mapeo visual interactivo*. Independientemente de la forma en que se implemente en una herramienta concreta, desde el punto de vista conceptual es en esta transformación en la que el usuario debe definir cómo quiere visualizar los datos. En este sentido el aspecto central es que el usuario sepa cuáles son sus posibilidades ya que es aquí donde debe caracterizar la representación que desea obtener. Recordemos que esta transformación es la que genera los *Datos Mapeados Visualmente*, estado que se describió en las secciones previas como el *Conjunto de los Datos a Visualizar*, enriquecido con una *Estructura Visual*. Es precisamente esa Estructura Visual la que debe definir el usuario en esta transformación. La Estructura Visual, como se presentara previamente, puede ser descompuesta en: *Un Substrato Espacial* y uno *Gráfico*. Resulta claro entonces que se deberán proveer las operaciones necesarias para la caracterización de ambos, conjuntamente con aquéllas que son comunes a cualquier transformación como por ejemplo la selección de la fuente y del destino de los datos. A continuación se detallan las operaciones para esta etapa del modelo:
- a) **Seleccionar fuente de datos:** Operación que permite la selección de una fuente de datos, los DaV que se quieren transformar.

- b) **Seleccionar destino de los datos:** Esta operación tiene la finalidad de nombrar al nuevo conjunto destino de la transformación. Cada transformación genera un nuevo conjunto de Datos Mapeados Visualmente; en el caso que lo necesite, el usuario luego puede operar sobre el mismo.
- c) **Definir el Substrato Espacial:** La definición del substrato espacial abarca todo lo referido a la organización espacial de la vista. De acuerdo a lo presentado en la definición de substrato espacial, esta operación se puede descomponer en:
  - i) **Definir la organización espacial de la vista:** Mediante esta operación el usuario define la organización del espacio de mostrado, no sólo en lo referente a su dimensionalidad, sino además deberá establecer cantidad de ejes, si los mismos van a estar explícitamente representados y su organización.
  - ii) **Establecer el mapeo espacial de los atributos:** El usuario es quien debe decidir qué atributos de las tuplas se mapearán espacialmente y qué atributo se mapeará a cada uno de los ejes explícitos o implícitos presentes en la vista a generar. La naturaleza de cada atributo es la que le imprimirá las características al eje o dimensión correspondiente, favoreciendo su representación y determinando, por consiguiente, su escala.
  - iii) **Definir la Organización Espacial de las representaciones de los ítems de datos en la vista generada:** Una vez fijada la utilización global del espacio se debe especificar de qué manera se distribuirán los elementos visuales representativos de los ítems de datos, en ese espacio de mostrado. Esta elección dependerá de la información espacial existente a nivel de los datos o de la metáfora elegida para su representación. Esta información se tuvo que analizar también al momento de elegir la organización general del espacio. Esta decisión, o restricción, condicionará las modificaciones que se deberán hacer sobre el substrato espacial existente en los datos, o la manera en que se generará si estuviera ausente, por la técnica de visualización elegida. El usuario deberá determinar si los datos se manejarán asociándolos a alguna estructura o no. En el caso de optar por alguna estructura, siempre hablando en cuanto a la geometría y topología del espacio de mostrado, será necesario que determine sus características, componentes, regularidad, para de esta manera asociar los datos existentes a sus componentes o calcular aquellos que se necesiten. De las características topológicas y geométricas surgen distintas estructuras de representación.

Un aspecto a tener presente es que en esta transformación el usuario puede no conocer aún la geometría asociada a sus ítems de datos en la representación a generar. Esta información en algunos casos se calculará en la transformación de Visualización, como parte de lo producido por la aplicación de una técnica. Aquí el usuario de alguna manera está imponiendo restricciones a la vista a generar, a partir de las cuales se restringirán las técnicas de visualización disponibles, limitándolas a aquéllas que soporten lo especificado.

- d) **Definir el Substrato Gráfico:** Nuevamente esta operación puede descomponerse naturalmente en:
  - i) **Selección de los Elementos Visuales:** Esta operación es la que le permitirá definir al usuario qué elementos visuales se utilizarán en la vista a generar.

- ii) **Mapeo de los Atributos Gráficos:** Operación por la que se define qué atributos de las tuplas se mapearán a los distintos atributos gráficos.
  - e) **Generar el Conjunto de Datos Mapeados Visualmente:** Esta operación es que la determinará la creación de un nuevo conjunto de datos perteneciente al estado de Datos Mapeados Visualmente en el modelo. La estructura de los mismos deberá soportar las restricciones impuestas por el usuario en cuanto la organización espacial de las representaciones, conjuntamente con tablas que permitan almacenar el mapeo gráfico.
- 7) **Operaciones sobre los Datos Mapeados Visualmente:** Como ya se ha expresado, los Datos Mapeados Visualmente son los Datos a Visualizar más una Estructura Visual, donde la estructura visual puede descomponerse en un mapeo espacial y un mapeo gráfico. Desde el punto de vista del modelo, las operaciones que deberán proveerse para conjuntos de este estado son las comunes a todos los estados en lo referente a la manipulación de conjuntos, las que permitan su consulta y su modificación. A continuación se detallan las operaciones consideradas básicas para este estado:
- a) **Seleccionar Datos Mapeados Visualmente:** Permite seleccionar un conjunto de Datos Mapeados Visualmente entre los que estén disponibles en el modelo.
  - b) **Abrir Datos Mapeados Visualmente:** Permite abrir un conjunto de DMV, determinando su incorporación en el modelo. Mediante esta operación el usuario puede incorporar un conjunto de DMV generado previamente, ya sea por la última transformación o cualquier otro disponible. El resultado de esta operación es la inclusión en el modelo de un nodo correspondiente a este estado.
  - c) **Guardar Datos Mapeados Visualmente:** Permite guardar el conjunto de DMV activo, sobre el que se está trabajando, en algún medio de almacenamiento para su posterior recuperación.
  - d) **Cerrar Datos a Visualizar:** Operación que permite cerrar un conjunto de DMV.
  - e) **Consultar el Mapeo Visual:** Operación que permite consultar la estructura visual de los DMV. Esta consulta puede descomponerse en:
    - i) **Consulta del Mapeo Espacial:** Esta operación es la que permite la consulta de la organización espacial general de la vista, cuáles son los atributos que se privilegiaron con un mapeo espacial directo y cuál es la organización espacial de los ítems en la representación elegida.
    - ii) **Consulta del Mapeo Visual:** Mediante esta operación el usuario puede consultar cuáles fueron los elementos visuales elegidos para representar qué atributos, y de qué manera se utilizarán los atributos visuales de los mismos.
  - f) **Modificar el Mapeo Visual:** Operación que permite modificar el mapeo visual en cualquiera de sus dos componentes espaciales.
- 8) **Operaciones en la Transformación de Visualización:** Las interacciones disponibles dependerán fuertemente de la técnica a aplicar; sin embargo, hay un conjunto de interacciones básicas que deben asegurarse:
- a) **Seleccionar Fuente de Datos:** Permite seleccionar un conjunto de Datos Mapeados Visualmente entre los que estén disponibles en el modelo.

- b) **Seleccionar destino de los datos:** Esta operación tiene la finalidad de nombrar al nuevo conjunto destino de la transformación, en particular la Vista que se generará.
  - c) **Seleccionar Técnica a Aplicar:** Según las restricciones impuestas por el usuario en el Mapeo Visual, se deberá optar por alguna de las técnicas que las soporten.
  - d) **Aplicar Técnica de Visualización:** Una vez seleccionada, se procede a la generación de la vista. Cada técnica puede ofrecer interacciones específicas (propias de la técnica) que completen su parametrización.
- 9) **Operaciones sobre las Vistas:** Las vistas, se constituyen en la interfaz a través de la cual el usuario explorará el espacio de información. Al ser una representación visual, un gráfico, se deben proveer las interacciones necesarias para su manipulación; desde este punto de vista, se deberán proveer interacciones para realizar tareas inherentemente relacionadas con el tipo de representación de este estado:
- a) **Zoom geométrico:** Permitiendo *maginificar/demagnificar* una región de la vista.
  - b) **Panning:** Esta interacción permite navegar la vista, es decir, modificar la orientación de de la cámara.
  - c) **Rotación:** Este tipo de interacción es necesaria para asistir en la navegación de representaciones 3D donde uno de los problemas que se enfrentan es la *oclusión*.
- Además se deberán proveer interacciones básicas sobre los elementos de cada representación, que se traducirán en término de las operaciones planteadas para las etapas anteriores. Al manipular los elementos de una representación indirectamente se está interactuando con los datos subyacentes. Estas interacciones pueden impactar sobre los datos propiamente dichos, o sobre los elementos del mapeo visual.
- El usuario debe tener la oportunidad de interactuar manipulando directamente sobre los elementos de la vista o mediante menús o *widgets* (independientes de una representación particular).

#### 4. Conclusiones y Trabajo Futuro

Debido a la gran variedad de dominios de Visualización, el desafío es diseñar un ambiente que permita a los usuarios llevar a cabo, de manera intuitiva, una variedad de tareas de visualización. Aunque diferentes dominios de aplicación requieren representaciones visuales distintas, muchos de éstos comparten operaciones de transformación de los datos y manipulaciones de los mismos que son similares a lo largo de todo el proceso de visualización.

En este contexto ya hemos desarrollado un modelo (MUV), que constituye un marco de referencia para la Visualización; hemos analizado y categorizado las similitudes entre distintos dominios de aplicación y hemos caracterizado las interacciones que puedan tener lugar en las distintas etapas del proceso. Precisamente se tomará este modelo como punto de partida para el diseño de un ambiente de visualización, que:

- Brinde a los usuarios la posibilidad de utilizar técnicas de visualización que le permitan adquirir nuevos *insights* en sus datos mediante una completa interacción.

- Brinde a los diseñadores de Sistemas de Visualización un marco de referencia para generar, adquirir o adecuar datos, incorporar nuevas técnicas de Visualización y elementos de interacción, permitir incorporar elementos de historia, etc.
- Habilite la determinación de los distintos tipos de operadores en el contexto de las distintas técnicas de Visualización, teniendo como base el modelo desarrollado previamente, alrededor de los distintos estados de los datos y sus transformaciones. Esto podrá usarse posteriormente para construir un sistema modular.
- Dado el marco que permite lograr el entendimiento del espacio de diseño de las técnicas de Visualización, la extracción de
  - las operaciones cruciales en cada técnica, mediante un análisis de las similitudes y las diferencias entre los operadores en diferentes dominios de datos y
  - las interacciones requeridas por cada técnica para permitir su descomposición con el objetivo de maximizar el aprovechamiento de recursos.

## Agradecimientos

Este trabajo se ha financiado parcialmente por la Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNS a través de los PGI 24-N015 y 24-NZ12.

## Referencias.

1. Baecker, R. M. and Buxton, W. A. S., *Readings in Human-Computer Interaction*, San Mateo CA., Morgan Kaufmann Publishers, 1995.
2. Card, S., Mackinlay, J., Shneiderman, B., *Readings in Information Visualization - Using Vision to Think*, Morgan Kaufmann, 1999.
3. Chi, Ed H., *A Framework for Information Visualization Spreadsheets*, Ph.D. Thesis, University of Minnesota, Computer Science Department, March, 1999.
4. Eick, S., *Visual Discovery and Analysis*, IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, Vol. 6, No. 1, January-March 2000.
5. Mayhew, D., *The Usability Engineering Lifecycle*, Morgan Kaufmann, 1999.
6. Martig, S., Castro, S., Fillottrani, P., Estévez, E., *Un Modelo Unificado de Visualización*, Proceedings, pp. 881-892, 9º Congreso Argentino de Ciencias de la Computación, Octubre de 2003, La Plata. Argentina.
7. Shneiderman, B., *Designing the User Interface*, Addison-Wesley Publishing Company, 1998.
8. Spence, R., *Information Visualization*, Addison-Wesley, ACM Press, 2001.
9. Tufte, E.R., *Envisioning Information*, Cheshire, CT Graphics Press, 1990.